

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET
Institutionen för markvetenskap
Avd för hydroteknik.
750 07 UPPSALA 7

BIBLIOTEKET

SAGÅNS VATTEN

NILS BRINK

STENCILTRYCK NR 42

**INSTITUTIONEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK
UPPSALA 1969**

Institutionen för lantbrukets hydroteknik delger bl. a. i sin tidskrift *Grundförbättring* resultat från institutionens olika verksamhetsgrenar. Allt material blir emellertid inte föremål för tryckning. Undersökningsresultat av preliminär natur och annat material som av olika anledningar ej ges ut i tryck delges ofta i stencilerad form. Institutionen har ansett det lämpligt att redovisa dylikt material i form av en i fri följd utarbetad serie, benämnd stenciltryck. Serien finns endast tillgänglig på institutionen och kan i mån av tillgång erhållas därifrån.

Adress: Institutionen för lantbrukets hydroteknik, 750 07 Uppsala 7

Stenciltryck

Nr	År	Författare och titel
1—12		Aug. Håkansson, Gösta Berglund, Janne Eriksson. Redogörelse för resultaten av täckdikningsförsöken åren 1951—1962.
13—15		Aug. Håkansson, Gösta Berglund, Janne Eriksson, Waldemar Johansson. Resultat av täckdikningsförsök och bevattningsförsök åren 1963—1965.
16	1940	Gunnar Hallgren. Dalgångarna Fyrisån-Östersjön; några hydrotekniska studier.
17	1942	Gunnar Hallgren. Om sambandet mellan grundvattenståndet och vattennivån i en recipient.
18	1943	Gunnar Hallgren. Om sambandet mellan nederbörd och skördeavkastning.
19	1952	Sigvard Andersson. Kompendium i agronomisk hydroteknik. Elementär hydromekanik.
20	1952	Sigvard Andersson. Kompendium i agronomisk hydroteknik. Tabeller och kommentarer.
21	1960	Sigvard Andersson. Kapillaritet.
22	1961	Sigvard Andersson. Markens temperatur och värmehushållning.
23	1962	Waldemar Johansson. Bevattningsförsök i potatis, korn och foderbetor vid Tönnersa försöksgård 1959—1961.
24	1962	Waldemar Johansson. Metodik och erfarenheter vid användning av hålkort för undersökning av torrlägningsförhållanden och ytsänkning vid Nedre Olandsån.
25	1962	Waldemar Johansson. Utredning för förslag till bevattningsanläggning vid Sör Salbo, Salbohed, Västmanlands län.
26	1963	Sigvard Andersson. Skrivelser i agronomisk hydroteknik.
27	1964	Gösta Berglund och Stig Sjöberg. Undersökning av plaströrstäckdikningar.
28	1964	Aug. Håkansson. Anvisning rörande täckdikning med plaströr av styv PVC.
29	1966	Gösta Berglund. Vattendragsförbundet: Förslag till överenskommelse och stadgar samt något om kostnadsfördelningar.
30	1966	Tryggve Fahlstedt. Kvismaredalsprojektet — en orientering samt Redogörelse för undersökning i syfte att klargöra avkastningens beroende av högvattenstånden i Kvismare kanal.
31	1966	Gunnar Hallgren. Vattenrätt.
32	1966	Nils Brink. Hydrologi.
33	1967	Yngve Jonsson. Ytplanering med planersladd.
34	1967	Aug. Håkansson, Gösta Berglund, Janne Eriksson, Waldemar Johansson. Resultat av 1966 års täckdikningsförsök och bevattningsförsök.
35	1967	Ulrich Nitsch. Om östersjövattnets användbarhet för bevattningsändamål.
36	1968	Aug. Håkansson, Gösta Berglund, Janne Eriksson, Waldemar Johansson. Resultat av 1967 års täckdikningsförsök och bevattningsförsök.
37	1968	Nils Brink. Ansvarsfördelningen vid underhåll av vattendrag inom Sagåns vattensystem.
38	1968	Aug. Håkansson, Waldemar Johansson, Tryggve Fahlstedt. Nederbördens storlek och fördelning.
39	1968	Gösta Berglund. Om genomsläppligheten i återfyllning och rörfogar.
40	1969	Aug. Håkansson, Gösta Berglund, Janne Eriksson, Waldemar Johansson. Resultat av 1968 års täckdikningsförsök och bevattningsförsök.

Sagåns vatten

Av Nils Brink

Inledning

Föreliggande undersökning utfördes under år 1966 på initiativ av lantbruksnämnden i Västmanlands län. Den tillkom efter de svåra översvämningarna i Sala och trakterna söder därom under våren 1966 för att skapa ett underlag för bedömningen av föroreningsituationen i Sagån och den därav betingade igenväxningen. På grundval av det framkomna undersökningsmaterialet har ett särskilt förslag till kostnadsfördelning för underhållsarbeten i vattendraget upprättats (Brink, 1968). I detta sammanhang kan framställningen därför inskränkas till en redogörelse för föroreningsituationen.

Undersökningen utfördes under vintern med provtagningar för vattenanalys den 25.1., 21.2. och 21.3. samt under sommaren med provtagningar 19.6., 18.7. och 15.8. I fortsättningen behandlas vinter- och sommarperioderna var för sig.

Nederbördsområdet1. Vattensystemet

Vattensystemet utgöres av Sagåns huvudfåra och ett antal biflöden enligt karta (fig. 1). Nederbördsområdet är totalt 865 km². Arealen fördelar sig enligt kartan i de södra ^{och} ~~mellersta~~ delarna ganska jämnt mellan skogsmark och åkermark. I de norra delarna överväger skogsarealen. Sjöprocenten uppgår till endast 0,8 %.

I systemet förlades trettio provplatser fördelade på följande sätt

Vattendrag	Beteckning	Provplatser
Sagån	A	13
Broddboån	B	1
Norrbybäcken	C	1
Väsbybäcken	D	2
Varmsätrabäcken	E	2
Hjulbäcken	F	1
Ranstaån	G	5
Lillån (Tillbergaån)	H	5

2. Avloppsutsläpp

Utsläpp av kommunalt avloppsvatten sker från de orter och mellan de provplatser som anges i tabell 1. Såväl behandlingsmetod för avlopps vattnet som invånarental framgår av tabellen.

Material och metoder

1. Nederbörd och avrinning

Erforderliga nederbördsdata har hämtats från SMHI:s nederbördsstationer i Sala och Tomte, dels ur publikationer (SMHI, 1950-1962) del muntligt (1963-1966).

Avrinningsmätningar har utförts vid ett pegelställe i Sagån vid Sala stads reningsverk i Sala. För dessa mätningar och för upprättande av avbördningskurvor svarar A. Andersson Ingenjörbyrå AB i Västerås. Vattenståndsobservationer utföres alla vardagar av Byggnadskontoret i Sala.

2. Provtagning

Vattenprov för fysikalisk-kemisk analys togs vid tidigare nämnda tidpunkter på sätt som beskrivits i annat sammanhang (Brink & Widell, 1967). Proven insamlades under dagtid under en tidrymd av 6-12 timmar.

Vid ett tillfälle, nämligen 25.-26.7.1967, togs prov var tredje timme under ett dygn vid provplatserna A2, A4, A9 och A13. Dessa prov insamlades under loppet av 30 minuter med början vid A2.

3. Vattenanalys

Följande bestämningar utfördes: temperatur, pH, ledningsförmåga, syrgas, ljusabsorption, permanganatförbrukning, ammoniumkväve, nitritkväve, nitratkväve, kjeldahlkväve, totalkväve, fosfatfosfor och totalfosfor. De tillämpade analysmetoderna har tidigare beskrivits (Brink & Widell, 1967), med undantag för bestämningar av ammoniumkväve och kjeldahlkväve. De sistnämnda utfördes enligt Riley & Sinhaseni (1957) modi-

fierad av Jönsson (1966). Förutom ovan anförda analyser har vid några tillfällen jonbalansen (Ca, Mg, K, Na, alkalinitet, Cl och SO_4) bestämt av Mälarundersökningen (Fil.lic. Thorsten Ahl).

4. Beräkningar

Vid utvärderingen av datamaterialet har medeltal för koncentrationer och transporterade mängder beräknats. Medeltalen framkom genom vägning med avseende på vattenföringarna vid A4. Detta förutsätter att avrinningen är proportionell mot det till varje provplats hörande nederbördsområdet. Samma synsätt har legat till grund för beräkningen av transporterarna av kväve och fosfor.

Hydrologiska förhållanden

Vid ett studium av tabell 2 finner man att det ifråga om nederbörd och avrinning var ett rikt år i jämförelse med ett framräknat medelförhållande i området. Då överskottet i avrinning enligt denna uppskattning håller sig inom 10 % kan de på basen av avrinningsmätningarna beräknade transportvärdena anses som nära normala. Avrinningens årsvariation kan utläsas ur fig. 13.

I tabell 2 finner man vidare att även evapotranspirationen, som erhållits som differens mellan nederbörd och avrinning, var tämligen ordinär. Man må emellertid i detta sammanhang erinra om att värden över så korta tidrymder tillika innefattar förändringar i magasineringen av vatten under och på markytan.

Avrinningens storlek vid A4 under provdagar framgår av följande sammanställning, där tillika vattentemperaturen införts

Datum ...	25.1.	21.2.	21.3.	19.6.	18.7.	15.8.
Vattenföring (m^3/s)	0,4	0,5	2,3	2,0	0,3	0,4
Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	1,4	0,3	1,3	22,2	18,0	15,0

Det kan anmärkas att temperaturen vid vinterprovtagningarna var 0,3-1,4 $^{\circ}\text{C}$ högre vid A4 efter avloppsutsläppet från Sala än i vattensystemet i övrigt.

Fysikalisk-kemiska förhållanden

1. Dygnsvariationer

Frågan om de enskilda vattenprovens representativitet är viktig, särskilt i samband med utsläpp av avloppsvatten, som sker med varierande mängd under dygnet. Den provtagning som ägde rum den 25.-26.7.1967 var ägnad att ge ett begrepp om dessa förhållanden. Man finner av fig. 2 att ledningsförmågan endast i liten utsträckning påverkades av avloppsutsläppet uppströms A4, att grumligheten och totalfosfor fluktuerade kraftigt vid denna provplats tillfölje verksamheter i Sala och att fluktuationerna ebbade ut längre ned i systemet. Långa tidsförskjutningar vid avloppsvattnets väg från förbrukningsställena till de olika provplatserna gör att orsakssammanhangen icke är klart uttalade. Frånsett provplats A4 finner man likväl att stickprovsmetoden ger rättvisande resultat.

2. Syrgas

Ett genomgående drag i hela vattensystemet var att syrgasmättnaden låg betydligt lägre under vintern än under sommaren (fig. 3). Detta har givetvis att göra med isläggningen under vintern och kolsyreassimilationen under sommaren; is hindrar fritt utbyte med atmosfären och upptagning av koldioxid i gröna växter innebär syrgasproduktion. Den kraftiga återluftningen mellan A16 och A23, mellan G20 och G21 samt mellan H27 och H28, vilken under sommaren gav övermättnad, kan säkerligen till största delen sättas i samband med de vattenfall och strömmar som finns på dessa sträckor. Detsamma gäller återhämtningen mellan A2 och A4 där syrgasrikt vatten kommer från en dammanläggning med utskov omedelbart efter B3. Syrefall förekom efter A4, G19 och H26 i samband med avloppsutsläpp.

3. pH

Även ifråga om pH förelåg en klar skillnad mellan vintern och som-

maren (fig. 4). Detta hade tydligen samband med syrgasförhållandena och i förbindelse härmed balansen med kolsyrasystemet. Sommarens högre värden kan med säkerhet sättas i samband med kolsyraassimilationen.

4. Ljusabsorption

Ljusabsorptionen mättes dels på obehandlat dels på centrifugerat prov (cf. Brink, 1968). I förra fallet erhålles ett mått på summan av grumlande och färgande substanser i det senare på enbart färgande. Differensen uttrycker då mängden grumlande substanser.

Av fig. 5 och 6 framgår att färgkomponenten uppvisade små variationer i huvudfåran. Under både vintern och sommaren låg värdena omkring 10 abs. enheter, vilket motsvarar ett färgvärde av omkring 50 Pt mg/l. Man har sålunda här att göra med ett vatten med ganska starkt humusinslag. Variationerna var större i biflödena, vilket är naturligt med tanke på en ganska skiftande geologisk karaktär i nederbördsområdets olika delar.

Medan sålunda variationen merendels var relativt liten i färgkomponenten var det motsatta förhållandet i grumlighetskomponenten. Huvudflödet påverkades härvid i stor utsträckning av biflödena. En betydelsefull avvikelse från detta mönster förekom under vintern mellan provplatserna A10 och A13 där grenen E ansluter. Den kraftiga höjningen därstädes hade ingen motsvarighet vid provplats E12, där ljusabsorptionen inte uppvisade några förhöjda värden. Då denna sidogren har en mycket erosionsbenägen botten åtminstone i sitt nedre lopp kan en grumling ha uppkommit mellan provplatsen, som är belägen ca två kilometer upp i grenen, och sammanflödet. En annan plausibel förklaring är att en tillfällig uppgrumling längre upp i Sagån kan ha nått fram till A13 just vid provtagningen (det gäller här ett av tre tillfällen då ljusabsorptionen avvek från mera ordinära värden). Att ett sådant förlopp är tänkbart framgår av fig. 2.

Den starka grumlingen i biflödena under sommarmånaderna är anmärkningsvärd. Den förekom i långsamt flytande vatten på leriga och dyiga

bottnar och i samband med kloakutsläpp. Det sistnämnda var fallet mellan stationerna G18 och G20 samt mellan H26 och H27.

5. Permanganatförbrukning

Vattnets halt av organiska ämnen har mätts som permanganatförbrukning. Uttryckta på detta sätt finner man av fig. 7 att nivåerna i Sagån var relativt höga. Tydligen har det mer att göra med höga naturliga halter av humusämnen uti grenarna än med bidrag från kloakvatten. Den höga halten av färgämnen (cf. ljusabsorptionen) är ett uttryck för samma sak. Det kan i sammanhanget noteras att halten av permanganatförbrukande ämnen avtog i huvudfåren och att detta huvudsakligen berodde på utspädning av det humusrikare vatten från skogsområden med humusfattigare vatten från slättbygden.

Liksom ifråga om syrgas och pH förelåg ganska stora skillnader mellan sommar- och vintervärden. Dessa skillnader var systematiska i flera av grenarna och oberoende av vattenföringen, men icke systematiska om man ser på hela datamaterialet. Det torde här vara fråga om konstitutionella olikheter i nederbördsområdets skilda delar.

6. Ledningsförmåga

Specifika ledningsförmågan återspeglar de markkemiska förhållandena i nederbördsområdet fränsett de delar som avvattnas av Broddboån (grenen B), där sjöarna genom att de utgör fällor för lösta och uppslammade ämnen stör bilden. De i fig. 8 angivna nivåerna är en tredjedel till hälften så höga, som inom vattensystem i angränsande kalkrika landområden i Uppland. Detta stämmer väl med den geologiska bilden (Lundegårdh & Lundqvist, 1959, p. 87). Ty bortsett från de sydöstra delarna av Sagåns nederbördsområde, vilka liksom Uppland influerats av Gävlebuktens kambrosilurområde, är kalkhalten inte särskilt hög i de lösa avlagringarna, som utgöres av morän norr om Sala och av morän och leror söder därom. Den fortgående stegringen av ledningsförmågan från källorna mot utflödet i Mälaren kan säkerligen sättas i samband med ovannämnda för-

hållanden. Därtill kommer den ökande andelen av odlad mark.

Även ifråga om ledningsförmågan förelåg ganska stora och systematiska olikheter mellan vinter- och sommarvärden och mellan de olika ågrenarna. På något litet undantag när var vintervärdena lägre än sommarvärdena i tillflöderna nedströms Sala, medan det omvända förhållandet rådde i ågrenarna uppströms Sala och i hela huvudfåran. Dessa säsongmässiga olikheter kan ha att göra med tjällen, som under vintern hindrar vatten från de övre jordlagren att avrinna. Det blir då allenast jönbalansen mellan vatten och djupare jordlager som bestämmer det avrinnande vattnets kvalitet.

7. Kväve och fosfor

Ett karakteristiskt drag i kvävesituationen var höga ammoniumhalter under vintern och låga sådana under sommaren (fig. 9 och 10). Detta tyck vara en ordinär företeelse för rinnande vatten (cf. Brink & Widell, 1967 p. 354). Intensiteten i nitrifikationen är betydelsefull i sammanhanget

Den stora minskningen av totalkväve som ägde rum från vintern till sommaren hänför sig till växtupptagbart kväve. Högre vegetation och påväxt spelar här måhända en framträdande roll. Även frösimmande plankton kan komma ifråga som avnämare, men eftersom det organiskt bundna kvävet höll sig på en tämligen oförändrad nivå bör i så fall en samtidig sedimentation av plankton ha ägt rum. Betydande deposition av kväve och fosfor i vegetation och sediment kan under alla omständigheter ske under vegetationstiden (Brink & Widell, 1967, p. 355).

Ett annat anmärkningsvärt faktum är de stora tillskotten av kväveföreningar genom avloppsutsläpp mellan provplatserna A2 och A4 (Sala) samt mellan H26 och H27 (Tillberga). Även mellan G18 och G19 (Kila), mellan D7 och D8 (Tärna, tabell 3) och i grenen vid C5 (Isåtra, ~~tabell 3~~) märks tydlig influens från bebyggelse. Den i tidigare sammanhang (p. 2) omnämnda toppen på vinterkurvan återkommer även i detta sammanhang. Anledningen till denna topp är oviss. Till förut anförda

möjliga förklaringar kan läggas att provtagningar ägt rum på höjden av en "flytande våg" från Sala eller Tärna.

(fig. 11 och 12)

Situationen för fosfor var i princip densamma som för kvävet, men med något avvikande bild i grenarna G och H. I samband med och efter bebyggelse låg där nämligen sommarvärdena genomsnittligt på en högre nivå än vintervärdena. Det är ett allmänt drag att tillförseln av fosfor från bebyggelse är relativt mycket större än tillförseln av kväve. Förhållandet mellan mängderna kväve och fosfor (N:P) är i naturliga vatten ofta större än 20:1 medan kvoten i kloakvatten kan ligga så lågt som 4:1.

8. Kväve och fosfor som minimiämnen

Enligt minimilagen, som formulerades av Justus von Liebig, är ett näringsämne som förekommer i underskott avgörande för den biologiska produktionens storlek. I akvatiska system nämnes både kväve och fosfor, vanligen det sistnämnda, som begränsningsfaktorer. Kvoten N:P är i sammanhanget intressant. Ty i högre vegetation och i plankton är vanligtvis $N:P > 8$ (Brink & Hallgren, 1963^{p. 100}; Brink, 1965^{p. 205}), varför vid kvoter därunder kvävet i regel bör vara begränsande. Bilden kompliceras genom att i vatten finns både av växter direkt upptagbart och icke upptagbart kväve och fosfor dvs. både oorganiska och organiska fraktioner av dessa ämnen. För Sagåns del är emellertid bilden klar.

Kvoten N:P i den organiska fasen (tabell 4) var väsentligt lägre under sommaren än under vintern i grenen G nedan Kila^(G19-20), i grenen H vid Tillberga^(H27-29) samt vid nedändarna av C och D. Tydligt spelar bebyggelsen med sina utsläpp av fosforrikt kloakvatten en viss roll; i renare vatten var kvoten konstant eller större under sommaren än under vintern. Minskningarna i kvoten sammanhänger med öknings av mängden bundet fosfor allt under det att mängden organiskt kväve var tämligen oförändrad. Det kan här vara fråga om lyxupptagning av fosfor i organismer eller troligare frigörelse av fosfor ur bottensedimenten.

Med få undantag var N:P-kvoten vad det gäller de oorganiska fraktionerna och de totala mycket lägre under sommaren än under vintern. Detta sammanhänge med de kraftigt minskade kvävekoncentrationerna, ibland i förening med förhöjda fosforvärden; det sistnämnda var fallet i grenarna G och H. Det är tydligt att kvävet förbrukades i betydligt större utsträckning än fosfor under vegetationsperioden. I de starkt förorenade vattnen vid A4-30, G19-20, O5, H27-29 och D8 var dessutom kvävet klart i minimum. De ovan nämnda undantagen med små förändringar i N:P-kvoten gäller de renare vattnen vid B3 och G17-18 samt som ett mellanting H25-26 och D7. Sammanfattningsvis gäller sålunda att kvävet var begränsande faktor (minimiämne) i de delar av vattensystemet, som berördes av stora utsläpp av avloppsvatten från bebyggelse.

9. Transport av kväve och fosfor

Transporten av kväve och fosfor uppströms reningsverket i Sala har i fig. 13 framställts som summan av transportererna vid A2 och B3. Diagrammen baseras på dagliga mätningar av vattenföringen, men eftersom koncentrationsmätningar ägt rum endast under lågvatten blir framställningen osäker vid högvatten. Transport-vattenföringsdiagram (cf. Brink, 1965, p. 202) ligger till grund för beräkningarna. I figuren är även inlagd Sala stads bidrag, som beräknats ur skillnaden mellan transporterade mängder uppströms (A2+B3) och nedströms (A4) verket vid de sex provtagningsstillfällena.

Som man kunde förvänta dominerades bilden av flödesperioderna (cf. Brink, 1965, p. 200). Det är intressant att jämföra bidraget genom utlakning, erosion och diffus avloppsläpp från nederbördsområdet och bidraget från det koncentrerade utsläppet vid Sala. Nedanstående sammanställning visar, att bidraget var lägre från staden än från nederbördsområdet vad det gäller kväve men högre vad det gäller fosfor. Det sistnämnda kan säkert sättas i samband med utsläpp av fosforrika tvättmedel.

	Kväve		Fosfor	
	(mg/s)	(%)	(mg/s)	(%)
Nederbördsområdet	2600	64	154	36
Sala stad	1450	36	275	64

Värdena för ~~nederbördsområdet~~ har erhållits ur fig. 13 genom tillämpning av integralkalkylens medelvärdessats.

Vid reningsverket i Sala har under åren 1963-1967 utförts ~~tillhopp~~ tretton analyser på ingående och utgående vatten. Utgående från dessa och från motsvarande uppmätta vattenföringar från verket kan stadens bidrag till Sagån beräknas. Resultat framgår av följande sammanställning, där även egna på differensräkning baserade värden införts. (Alla värden i gram per person och dygn (g/pd/.)

	Direkt		Differens	
	N	P	N	P
In	16,2	4,25	-	-
Ut	10,7	2,25	13,8	2,65

Överensstämmelsen är icke oäven. Storleksordningen är därtill riktig, eftersom ordinära värden här i landet är 12-15 g/pd vad det gäller kväve och 3-4 g/pd vad det gäller fosfor.

Den totala ämnestransporten för hela året kan erhållas dels genom integration över kurvfunktionen i fig. 13, dels med formeln

$$T = A \cdot c, \quad (1)$$

där T är transporten i $\text{kg/km}^2\text{år}$, A är avrinningen i mm/år och c är vägt medelvärde av ämnets koncentration i mg/l . Beräkningarna leder till nära nog fullständigt överensstämmande resultat för nederbördsområdet A2+B3 ($\text{kg/km}^2\text{år}$).

Metod	N	P
Integration	410	24
Formel (1)	400	23

För några provplatser i Sagåns vattensystem ger formel (1) de i tabell 5 angivna värdena. De lägre flödena av kväve och fosfor finner man uppströms tätbebyggelse och de högre nedströms. Ökningen är på-

fallande stor ifråga om fosfor. Även uppströmsvärdena är anmärkningsvärt höga (cf. Brink, 1965, p. 206; 1967, p. 355; 1968, p. 499/), vilket främst torde sammanhånga med bebyggelse långt upp i biflödenas dalgångar. Nederbördsöverskottet har givetvis även bidragit till ökad utlakning och erosion.

Det kan slutligen anföras att Ahl (1968) uppger att flödet av kväve och fosfor i Sagån vid utloppet till Mälaren under åren 1965-1966 var närmare 500 resp. 30 kg/km²år. För kvävet del är överensstämmelsen god med värdet för A30 i tabell 5. Diskrepansen i fosforflödet hänger samman med att i Ahls värden även ingår analyser från flödesperioder då koncentrationerna var betydligt lägre än under vintern och sommaren.

Sammanfattning

1. Undersökningen avser föroreningsituationen i Sagån. Den utfördes under vintern och sommaren 1966.
2. Sagåns nederbördsområde är 865 km². I vattensystemet förlades 30 provplatser. Avloppsutsläpp förekommer i riklig omfattning från såväl tätorter som glesbebyggelse (cf. tabell 1).
3. Nederbördsdata har inhämtats från SMHI:s nederbördsstationer vid Sala och Tomta och avrinningsdata från pegelställe vid Sala. Följande vattenanalytiska bestämningar utfördes: temperatur, pH, ledningsförmåga, syrgas, ljusabsorption, permanganatförbrukning, ammoniakkväve, nitritkväve, nitratkväve, kjeldalkväve, totalkväve, fosfatfosfor och totalfosfor.
4. Hydrologiskt kännetecknas året av nederbördsöverskott (<10 %) och avrinningsöverskott (10 %).
5. Syrgasmättnaden varierade under vintern i medeltal mellan 21 och 88 % och under sommaren mellan 74 och 130 %. De lägsta värdena förekom efter avloppsutsläpp i ett biflöde vid Tärna.

6. Sagån kännetecknas mera av relativt höga naturliga halter av organiska ämnen (permanganatförbrukning) från skogsområdena än av bidrag från kloakvatten.
7. Den totala salthalten (ledningsförmågan) låg i regel mellan 200 och 300 (~~2~~ $\cdot 10^6$) och återspeglar de markkemiska förhållandena med tydlig influens från Gävlebuktens kambrosilur i nederbördsområdets sydöstra delar.
8. Kvävesituationen kännetecknas av höga ammoniumhalter under vintern och låga sådana under sommaren; detsamma gäller totalkväve. Orsaken diskuteras.
9. Avloppsutsläpp medförde stora tillskott av kväve och fosfor; tillförseln av fosfor var relativt mycket större än av kväve.
10. Kväve och fosfor som minimiämnen diskuteras. I de delar av vatten-systemet som berörs av stora utsläpp av avloppsvatten var kväve minimi-ämne.
11. Den totala årstransporten av kväve och fosfor beräknas för några provplatser. Vid Sala svarar nederbördsområdet (med rätt stora diffusa föroreningar) för 64 % av kväveflödet och 36 % av fosforflödet, Sala stad för 36 % av kvävet och 64 % av fosforn.

Litteratur

- Ahl, T., 1968. Principle features in the chemistry of Lake Mälaren. Lake Mälaren Research, Symposium on large lakes, Uppsala.
- Ahl, T. & Willén, T., 1968. Lake Mälaren Research. Symposium on large lakes Sweden 1968. Uppsala.
- Brank, N. & Hallgren, G., 1963. Almaåns vattensystem - en recipientundersökning. Grundförbättring, 16, 75-105.
- Brank, N., 1965. Jordbrukets roll i naturvattnens eutrofiering. Nord. JordbrForskn, 47, 197-207.
- Brank, N. & Widell, A., 1967. Eutrophication in a small stream in central Sweden. Schweiz. Z. Hydrol., 29, 333-360.
- Brank, N., 1968. Ansvarsfördelningen vid underhåll av vattendrag inom Sagåns nederbördsområde. Inst.Lantbr.Hydrot. Uppsala, Stenciltryck 37, 1-10.
- Brank, N., 1968. Self-purification in an open ditch. Water Research, 2, In press.
- Jönsson, E., 1966. The determination of Kjeldahl nitrogen in natural water. Vattenhygien, 22, 10-19.
- Lundegårdh, P.H. & Lundquist, G., 1959. Beskrivning till kartbladet Eskilstuna, p. 125, S.G.U., Stockholm.
- Riley, J.P. & Sinhaseni, P., 1957. The determination of ammonia and total ionic inorganic nitrogen in sea water. J. mar. biol. Ass. U.K., 36, 161-168.
- SMHI (Sveriges Meteorol. Hydrol. Inst.), 1950-1962. Nederbörden i Sverige 32-44.

Tabell 1. Avloppsförhållanden inom Sagåns nederbördsområde.

Ort	Invånare	Avloppsutsläpp	Metod
Sala damm	100	A1-2	Trekammarbrunn
Sala ^a	9000 ^b	A2-4	Aktivt slam
Tärna	340 ^b	D7-8	Biologisk bädd
Varmsätra	125	E11-12	Trekammarbrunn
Ransta	308 ^b	A13-14	Trekammarbrunn
Kila	175	G18-19	Trekammarbrunn
Sevalla	50	A16-22	Myrsjöbrunn
Orresta station	150	A23-24	Biologisk damm
Orresta tegelbruk	175	A23-24	Trekammarbrunn
Tillberga	3400 ^b	H26-27	Aktivt slam
Tortuna	140	H27-28	Trekammarbrunn

^a Diffusa avloppsutsläpp för 2700 personer (Jugansbo, Broddbo, Frostbo). ^b Enligt Kommittén för Mälarens vattenvård (cf. Ahl & Willén, 1968).

Tabell 2. Hydrologiska data från Sagåns (A4 och A30) och norra Mälardalens nederbördsområden.

Provplats ...	1966		1921-1950 Mälardalen ^a
	A4	A30	
Areal (km ²)	205	842	263-2970
Nederbörd (mm/år)	670 ^b	636 ^c	615
Avrinning (mm/år)	295	295	267
Evapotranspiration (mm/år)	375 ^d	349 ^d	348

^a Medeltal Vattholmaån, Fyrisån, Kolbäcksån och Hedströmmen (Tamm, 1959). ^b Sala. ^c Medeltal Sala och Tomta. ^d Evapotranspiration+magasinering.

Tabell 3. Kväve och fosfor i Väsbybäcken (D) och Varmsätrabäcken (E).

(Alla värden i N och P $\mu\text{g/l}$)

Provplats	Nitrit+nitrat	Ammonium	Totalkväve	Fosfat	Totalfosfor
D7	1050	380	2280	120	270
D8	1160	1250	3910	530	750
E11	980	600	2290	65	115
E12	940	570	2240	110	195

Tabell 4. N:P-kvoten för de oorganiska och organiska fraktionerna samt för totalhalten av kväve och fosfor.

Provplats	Oorganisk		Organisk		Total	
	Vinter	Sommar	Vinter	Sommar	Vinter	Sommar
A1	40	8	34	31	37	15
A2	31	7	15	21	22	13
B3	16	11	14	16	15	16
G17-18	15	12	12	14	14	13
E11	25	3	14	15	20	9
E12	14	4	8	9	12	7
F15	15	3	14	14	15	9
D7	12	8	6	12	8	10
H25-26	11	8	14	6	12	6
A4-30	12	6	10	8	11	6
C5	10	4	11	5	10	5
D8	4	2	7	2	5	2
G19-20	11	4	12	6	10	5
H27-29	10	3	11	3	10	3

Tabell 5. Transport av totalkväve och totalfosfor vid några punkter
i Sagåns vattensystem.

(Alla värden i $\text{kg/km}^2 \cdot \text{år.}$)

Provplats	Kväve	Fosfor	Provplats	Kväve	Fosfor
<u>Sala</u>			<u>Tärna</u>		
A2	540	29	D7	540	62
B3	240	16	D8	950	290
A4	840	105	<u>Tillberga</u>		
A6	640	85	H25	330	35
<u>Sagåns nederbördsområde</u>			H26	580	72
A30	490	47	H27	910	195

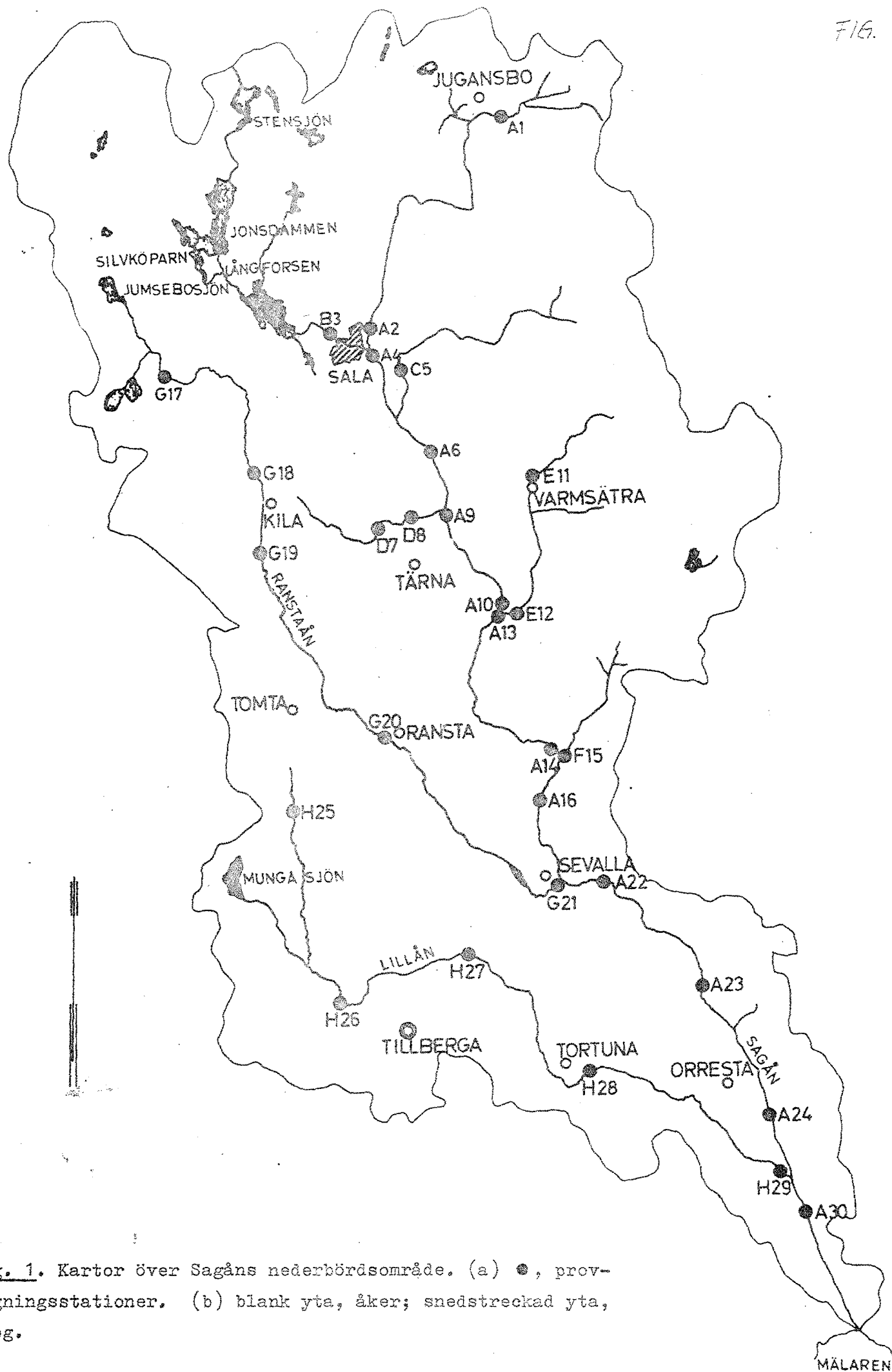


Fig. 1. Kartor över Sagåns nederbördsområde. (a) ●, provtagningsstationer. (b) blank yta, åker; snedstreckad yta, skog.

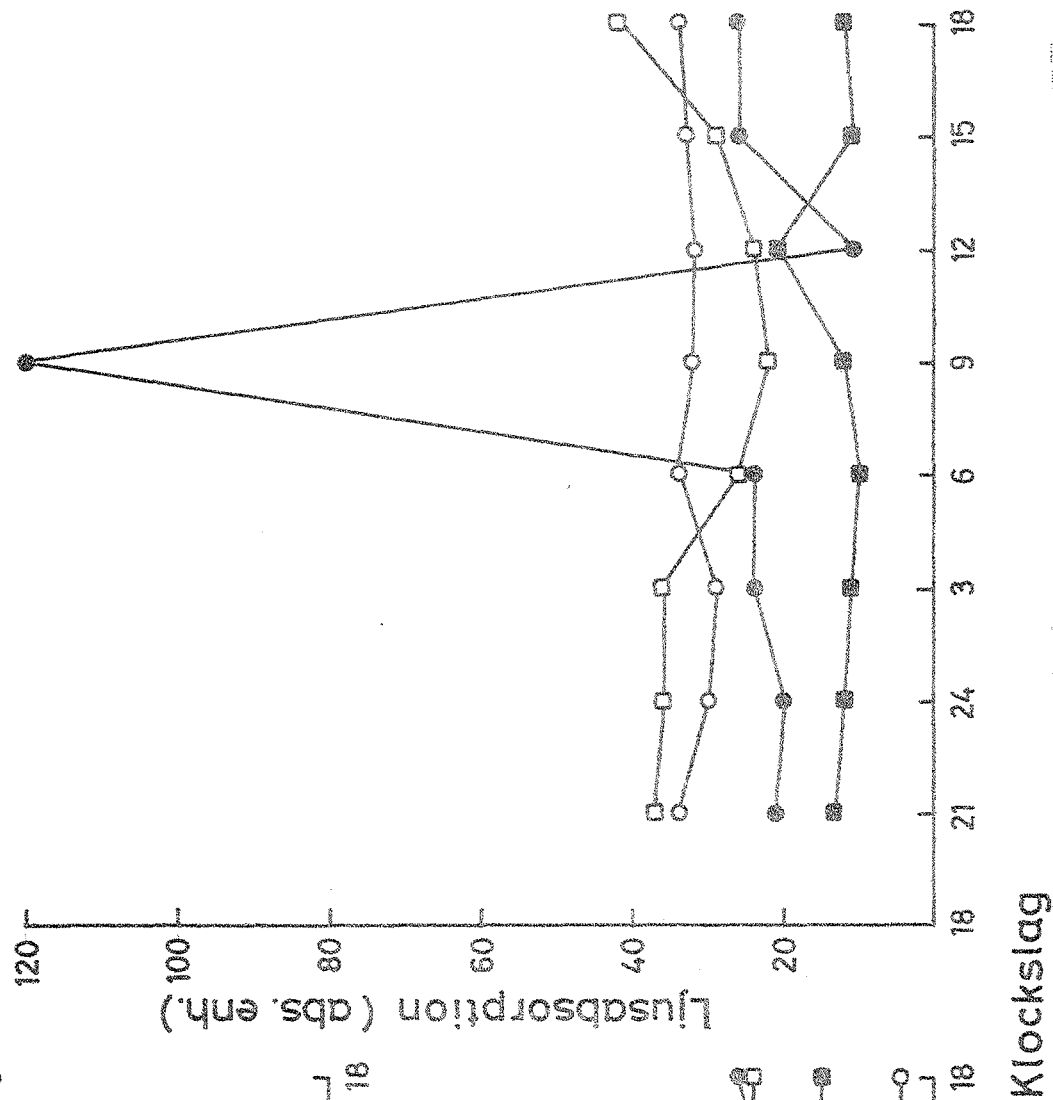
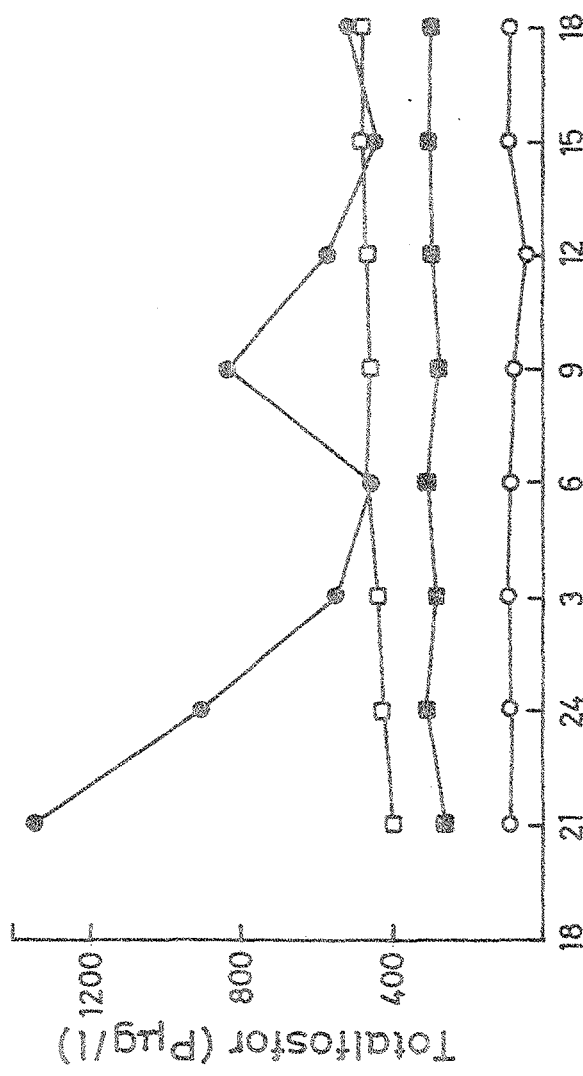
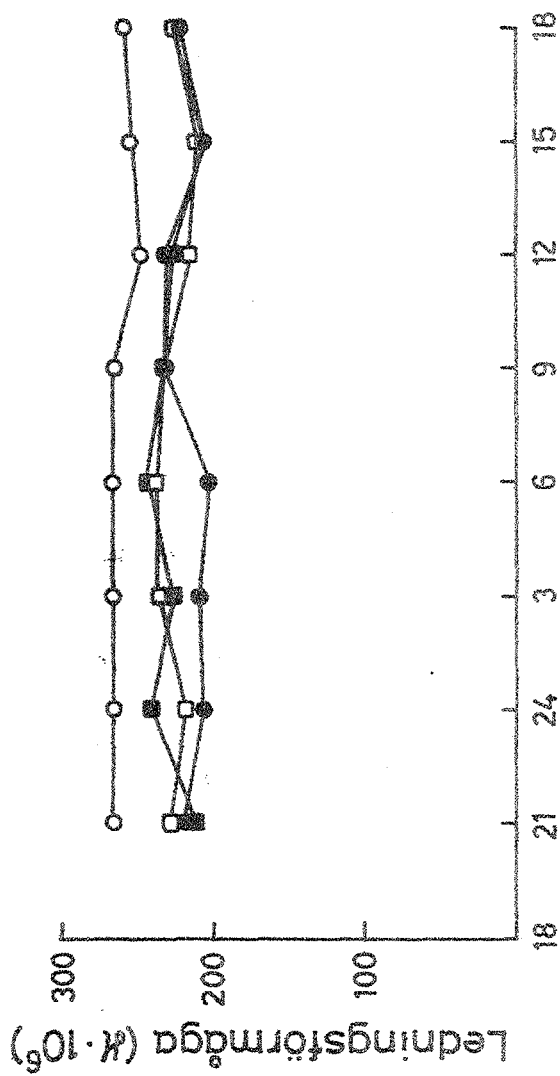
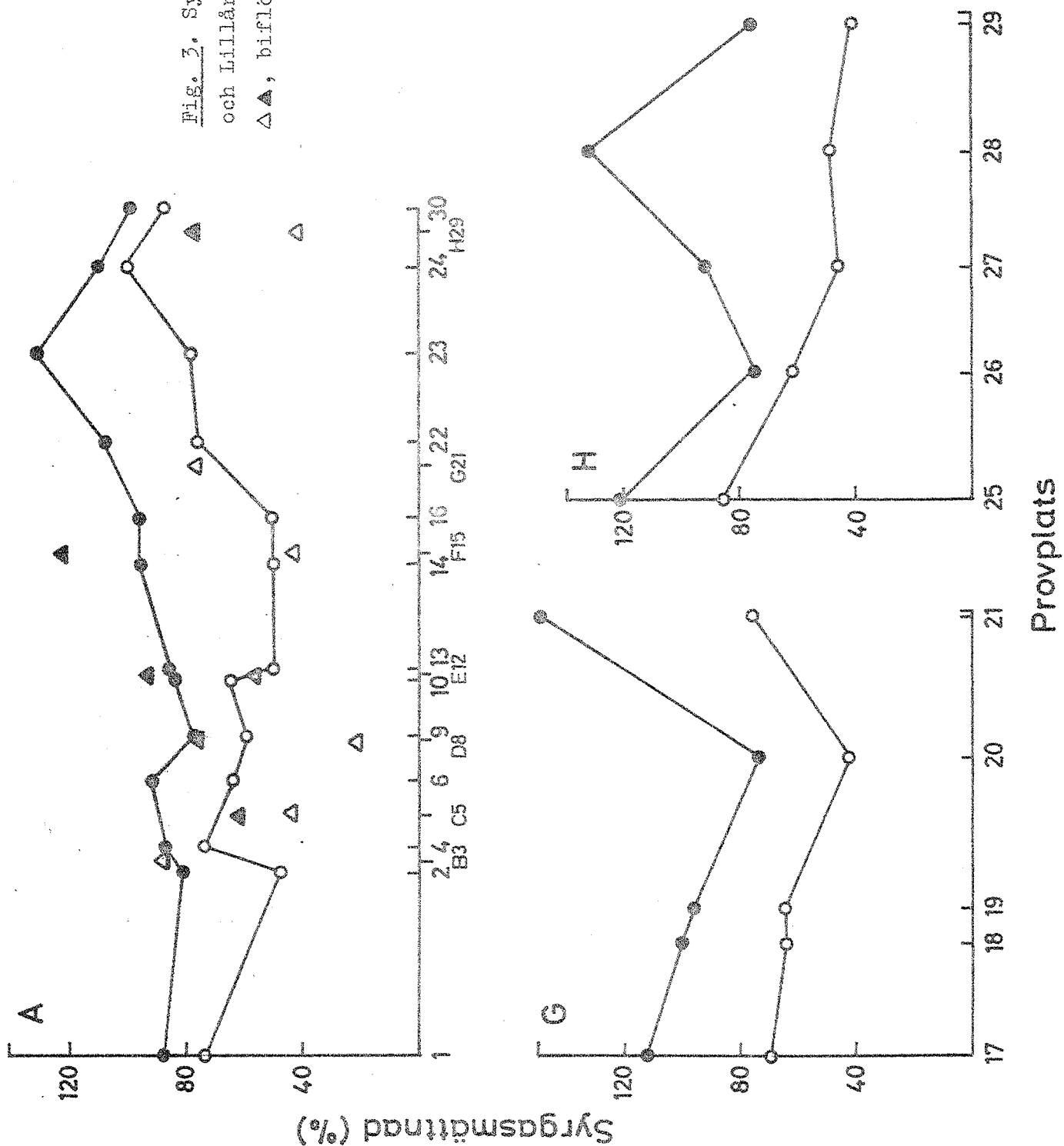


Fig. 2. Dygnsvariation i ledningsförmåga, totalfosfor och ljusabsorption vid fyra provplatser i Sagan 25.-26.7.67.
 ○, provplats 2; ●, provplats 4; □, provplats 9; ■, provplats 13.

Fig. 3. Syrgasmättnad i Sagån A, Ranstaån G och Lillån H. OΔ, vinter; ●Δ, sommar; ΔΔ, biflöden.



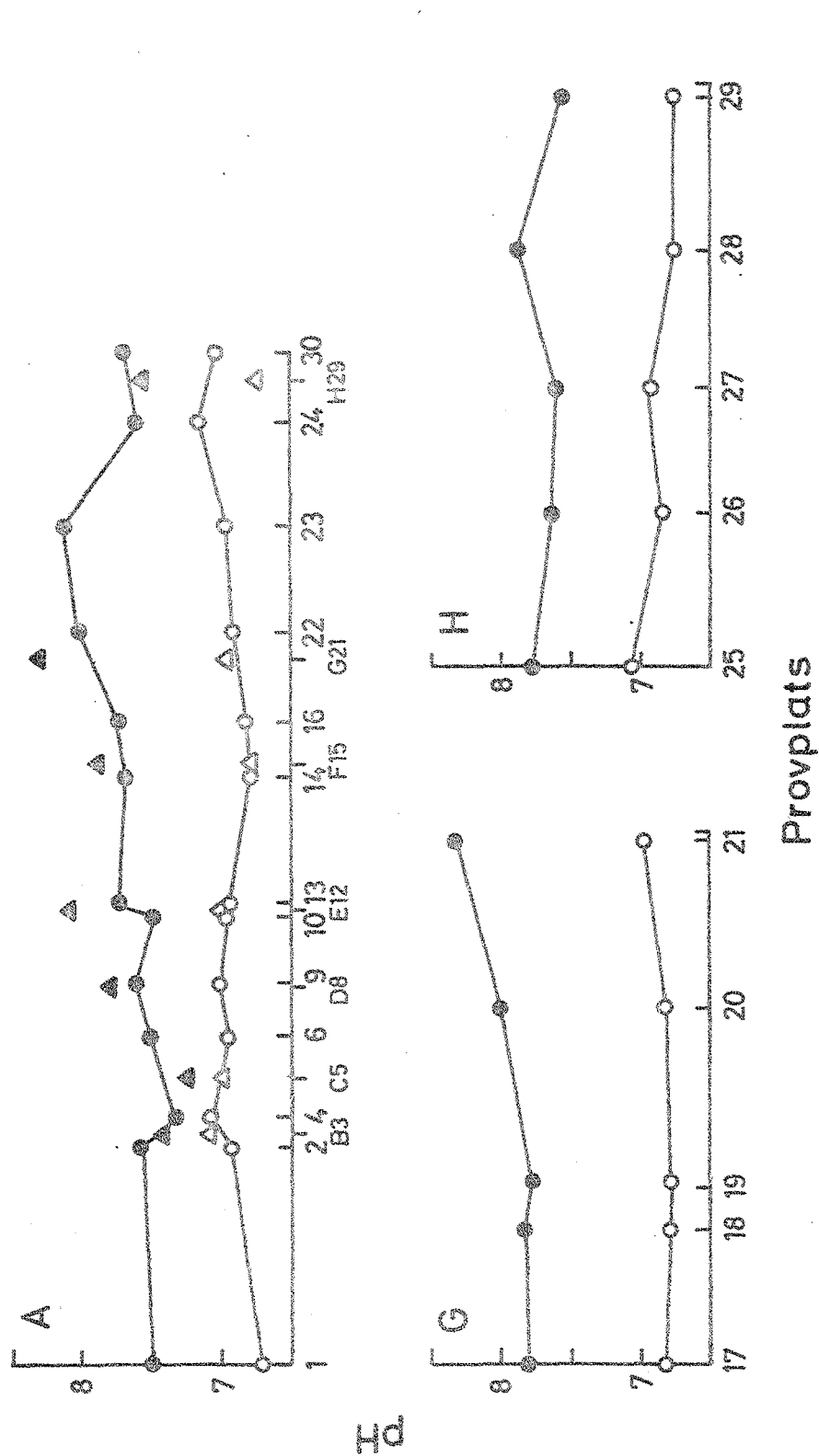


Fig. 4. pH i Sagån A, Ranstaån G och Lillån H. ●▲, vinter; ○▲, sommar; ▲▲, biflöden.

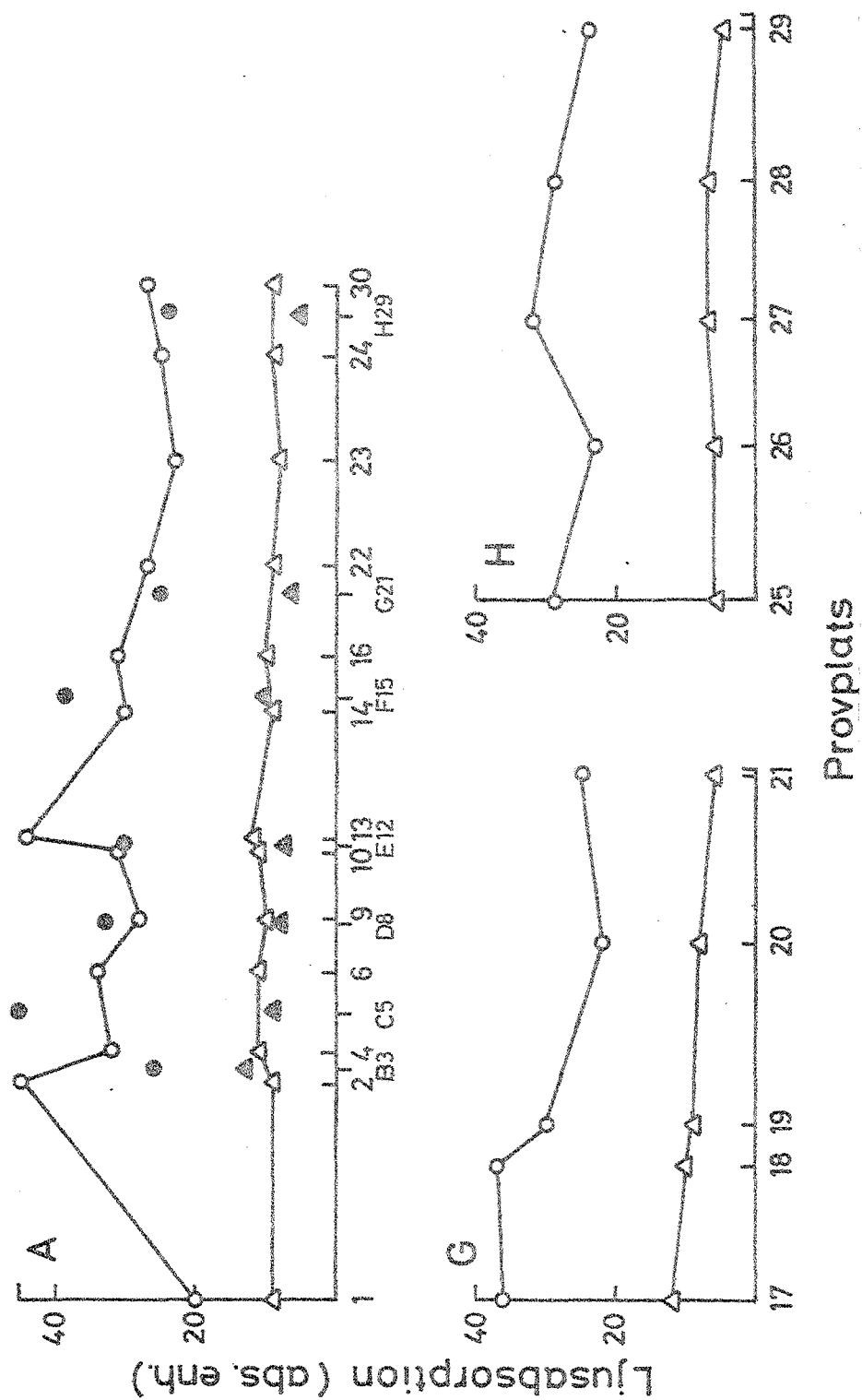


Fig. 5. Ljusabsorption i Sagår A, Ranstaån G och Lillån H; vinter. O●; obehandlat vattenprov; ΔΔ, centrifugerat vattenprov; ●Δ, biflöden.

Fig. 6. Ljusabsorption i Sagan 4, Ranstaån 9 och Lillån H; sommar. O●, obehandlat vattenprov; Δ▲, centrifugerat vattenprov; ●▲, bi-flöden.

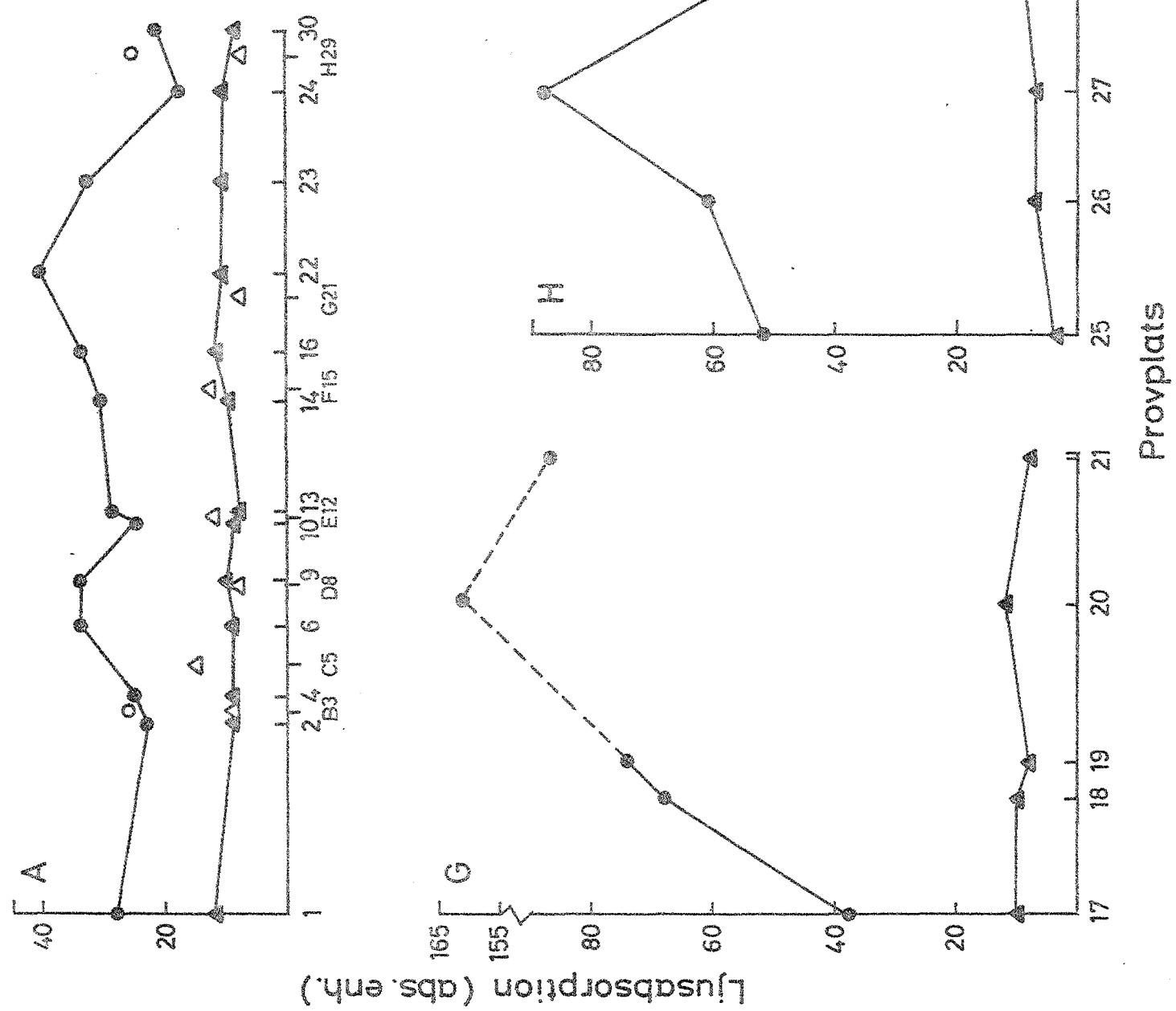
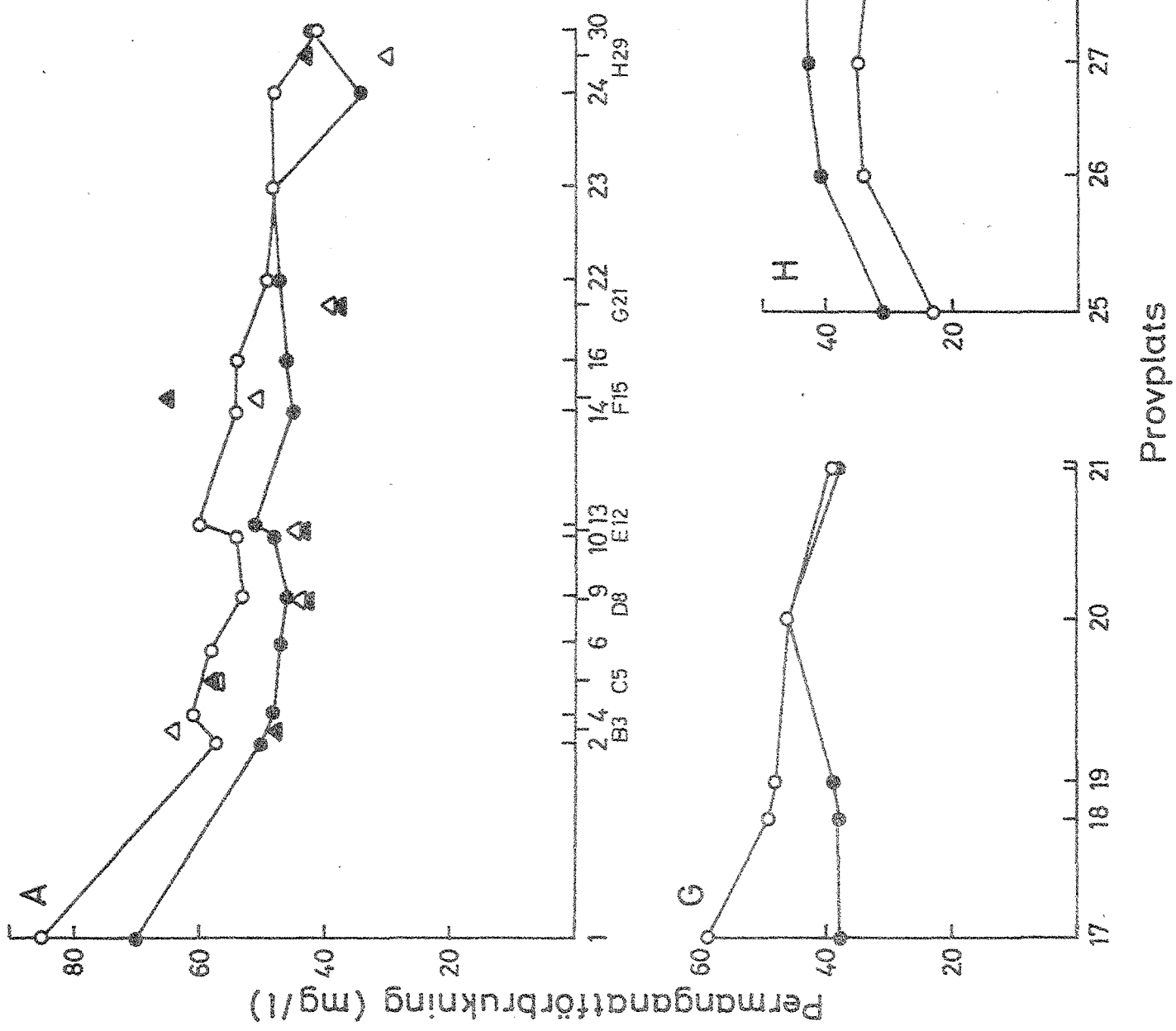


Fig. 7. Permanganatförbrukning, Sag-
ån A, Ranstaån G och Lillån H. ○△, vin-
ter; ●▲, sommar; △▲, biflöden.



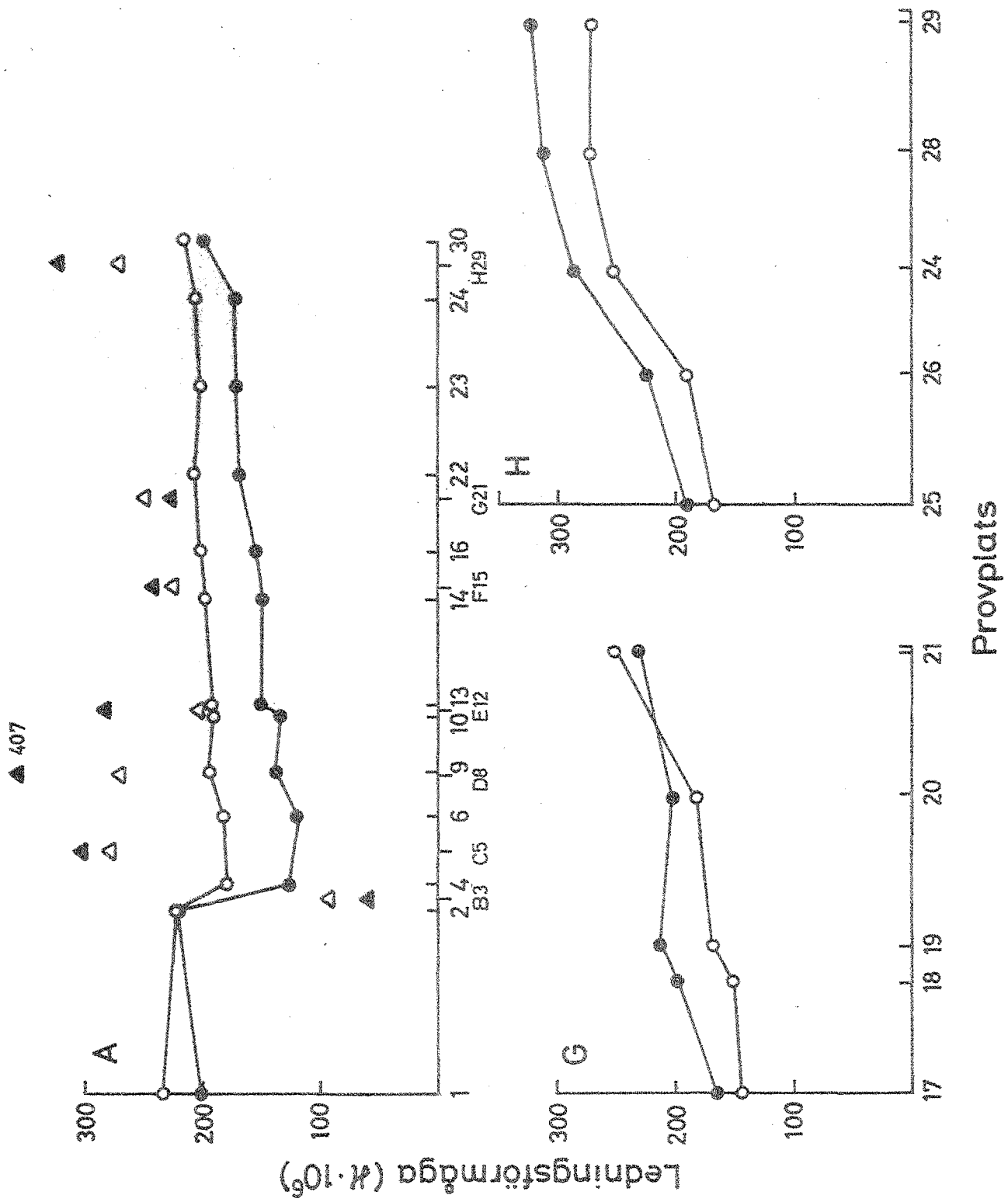
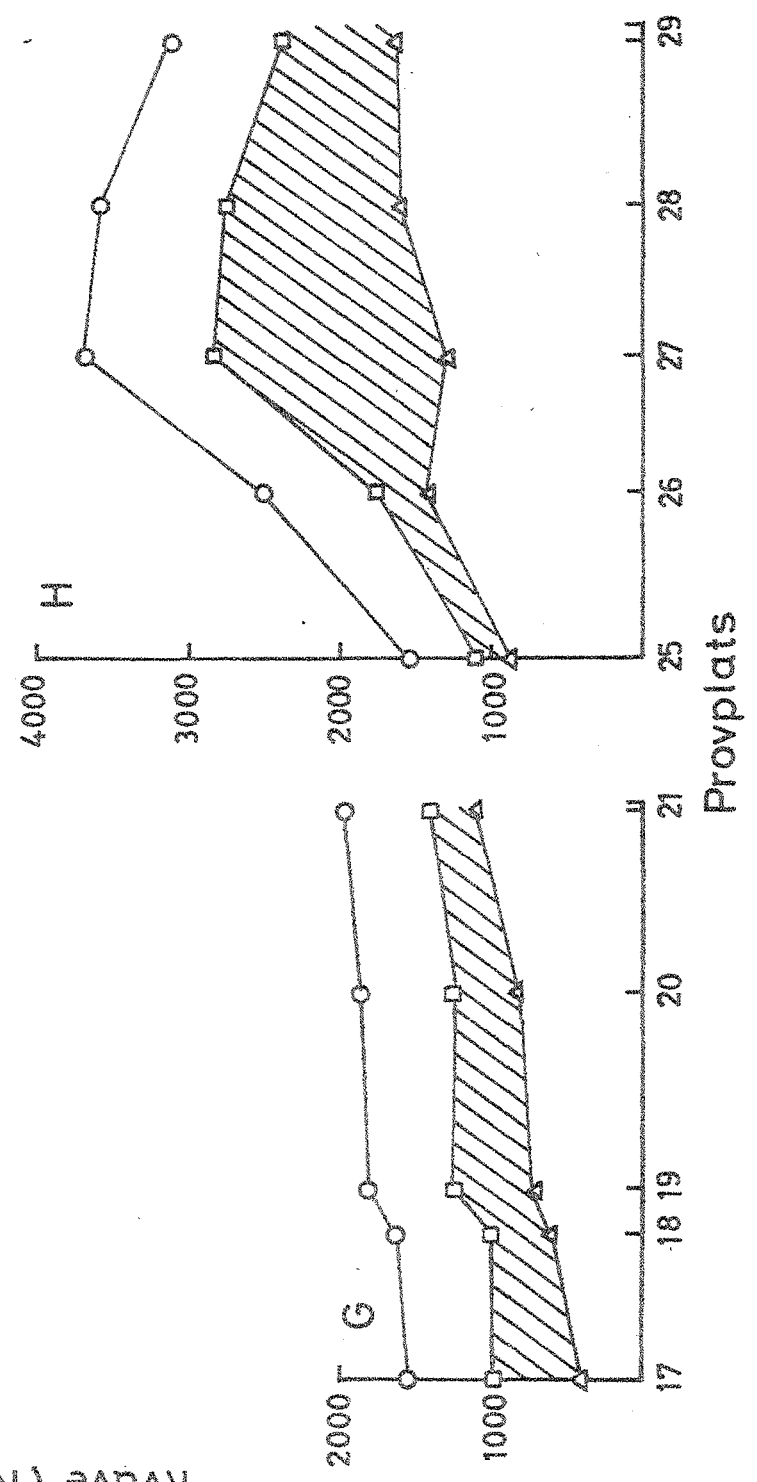
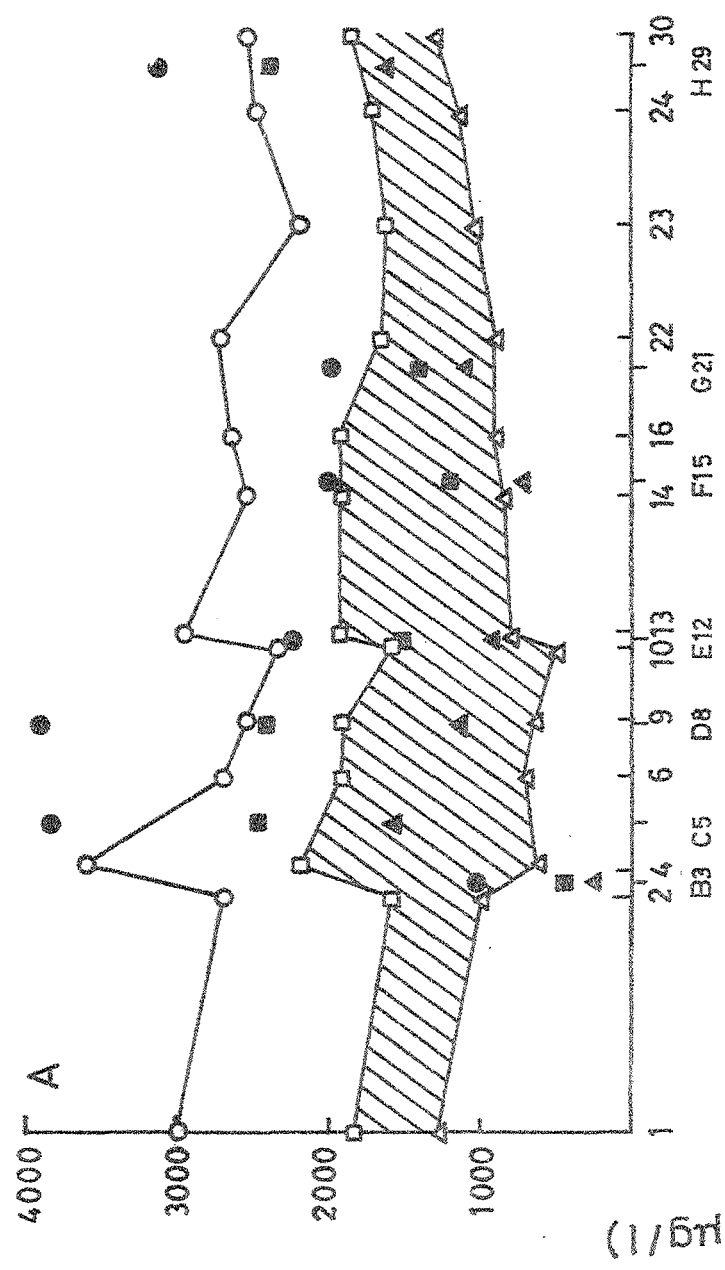
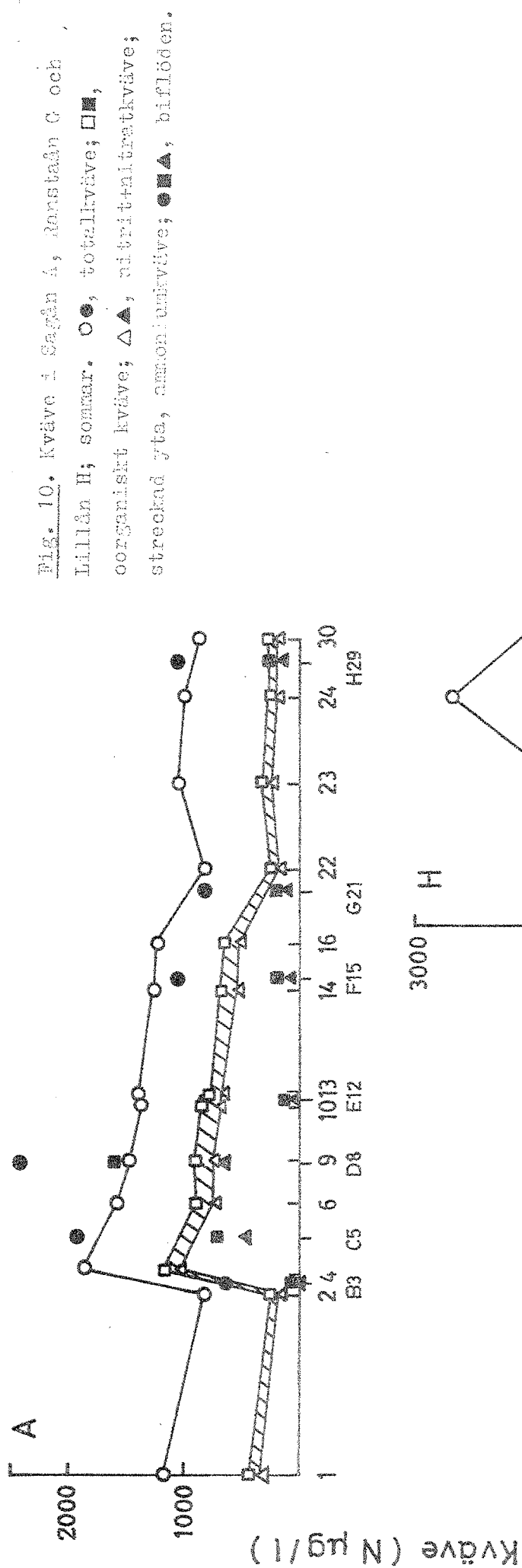


Fig. 8. Ledningsförmåga i Sagán A, Ranstaån G och Lillån H. Δ, vinter; ▲, sommar; ○, biflöden.

Fig. 9. Kväve i Sagån A, Renstaån G och Lillån H; vinter. ○●, totalkväve; □■, oorganiskt kväve; △▲, nitrit+nitratkväve; streckad yta, ammoniumkväve; ●▲, biflöden.





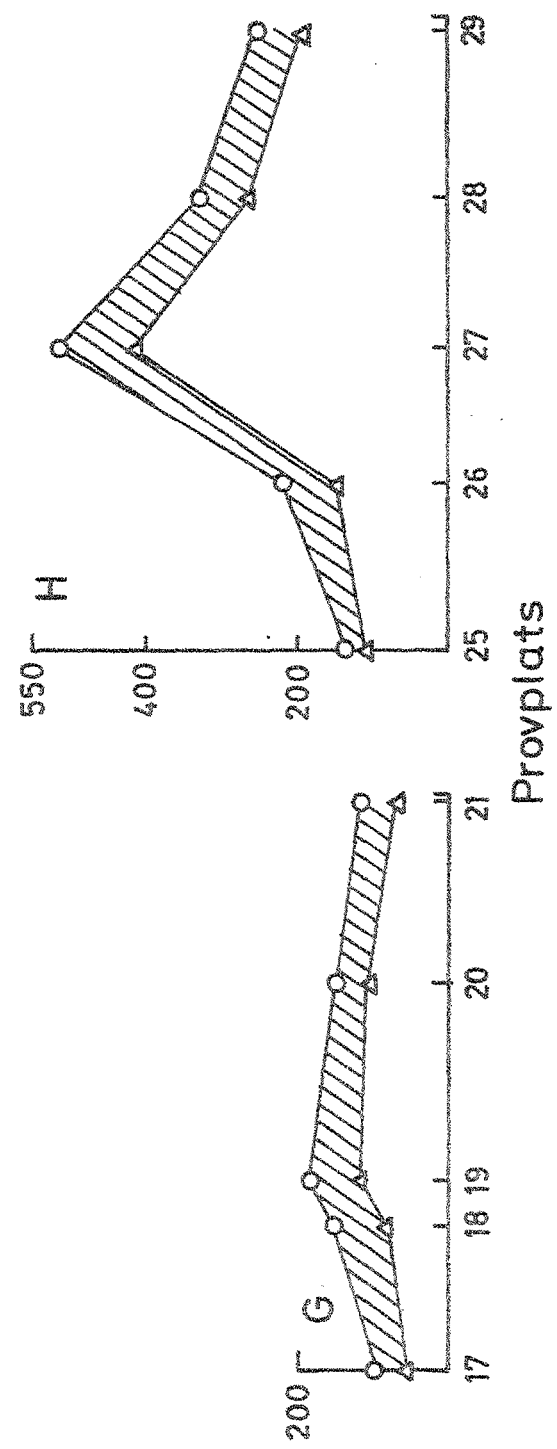
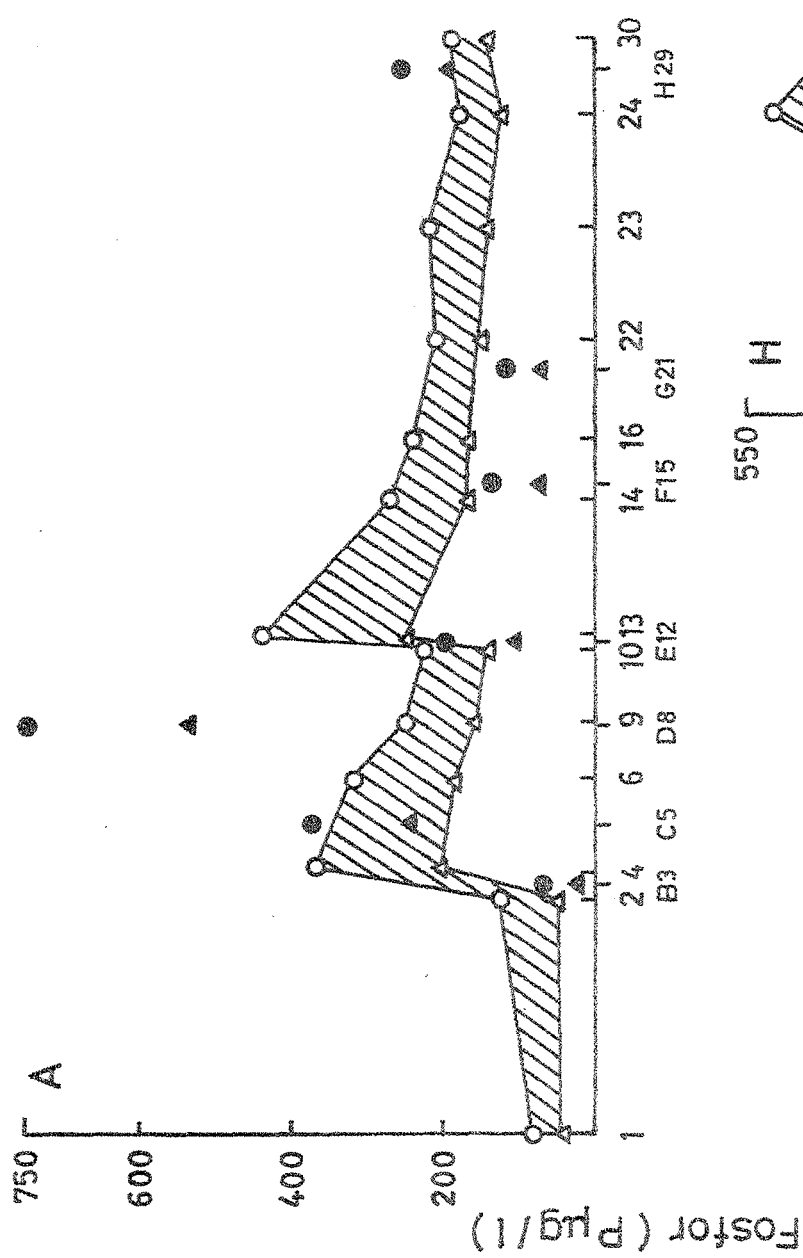
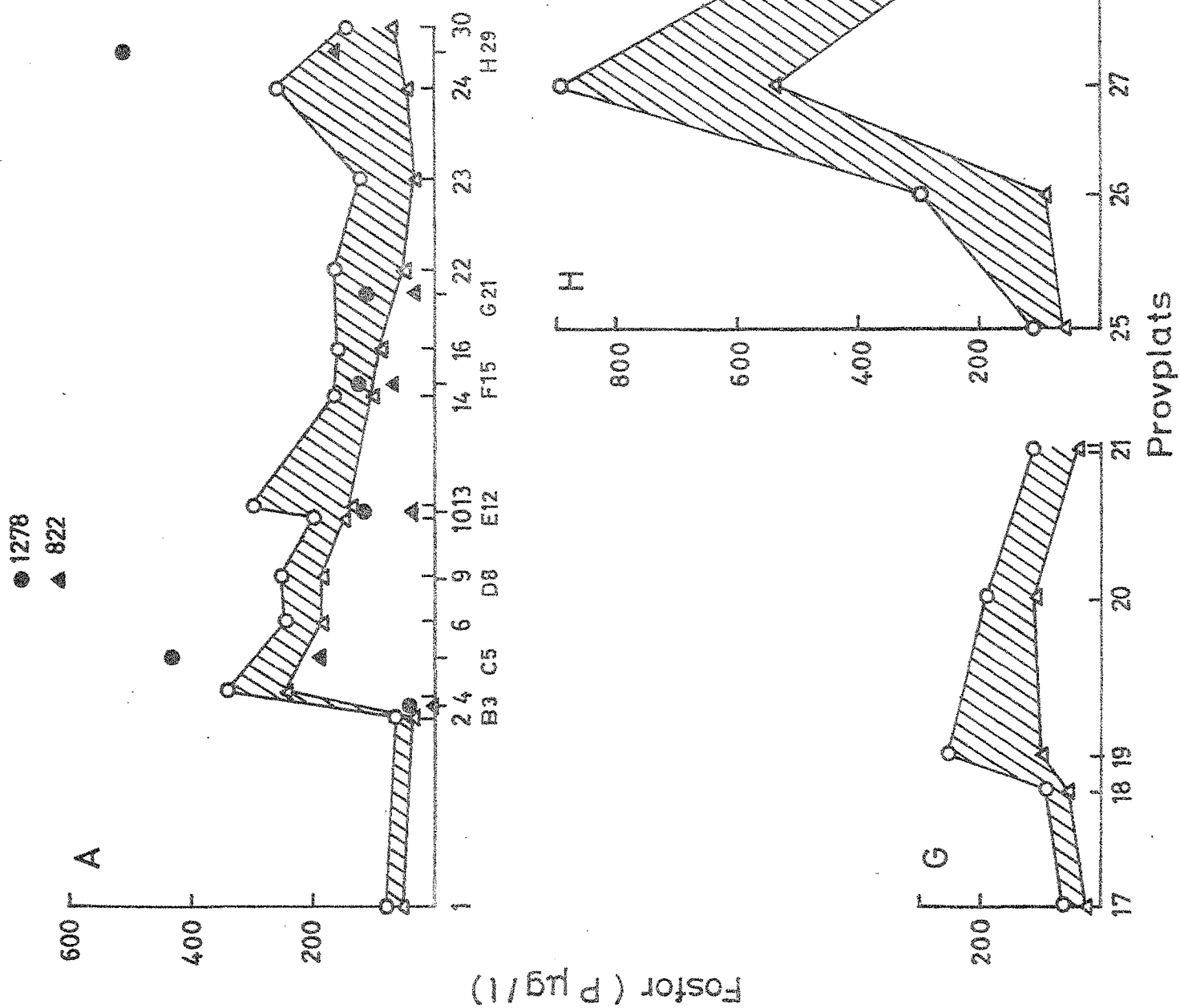


Fig. 11. Fosfor i Sagån A, Runstaån O och Lillån H; vinter. ○○, totalfosfor; ▲▲, fosfatfosfor; streckad yta, "organiskt" fosfor; ●▲, birlöden.

Fig. 12. Fosfor i Sagan A, Ranstaån G och Lillån H; sommar. ○●, totalfosfor; ▲, fosfatfosfor; streckad yta, "organiskt" fosfor; ●▲, biflöden.



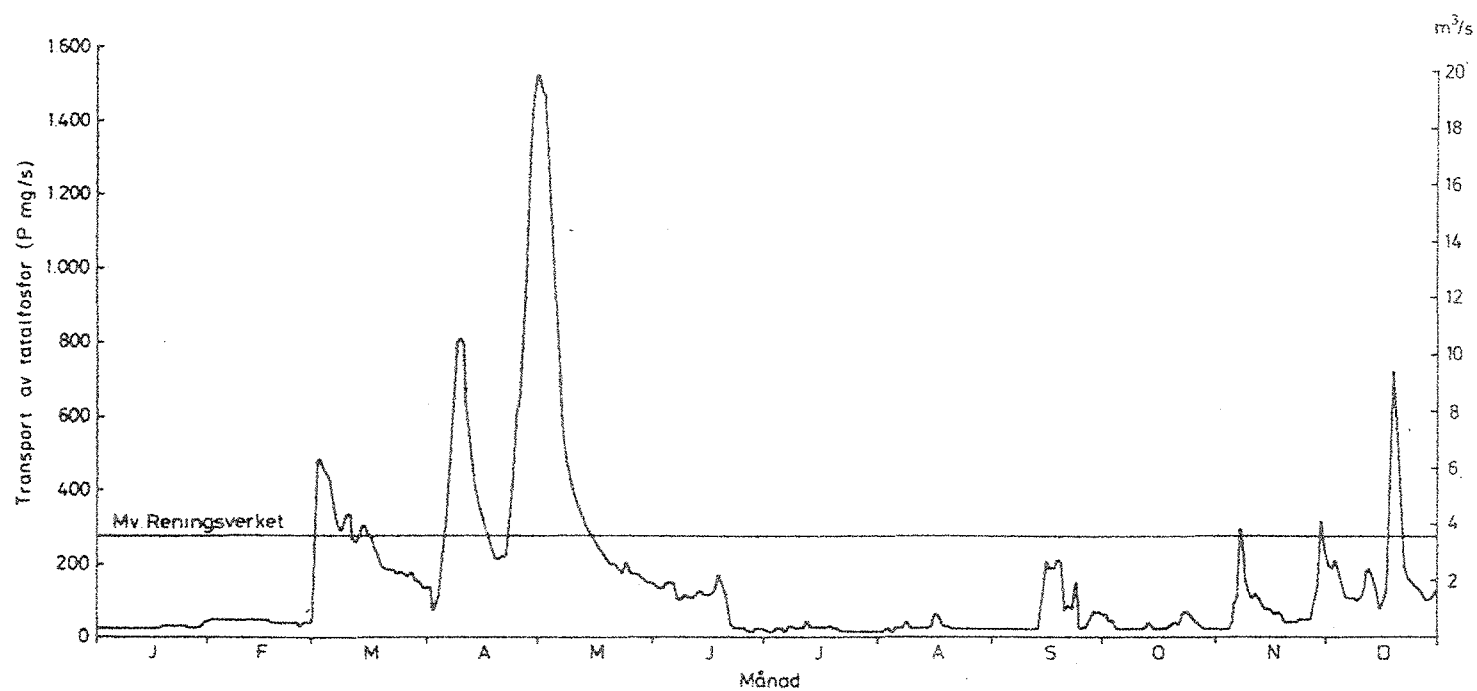
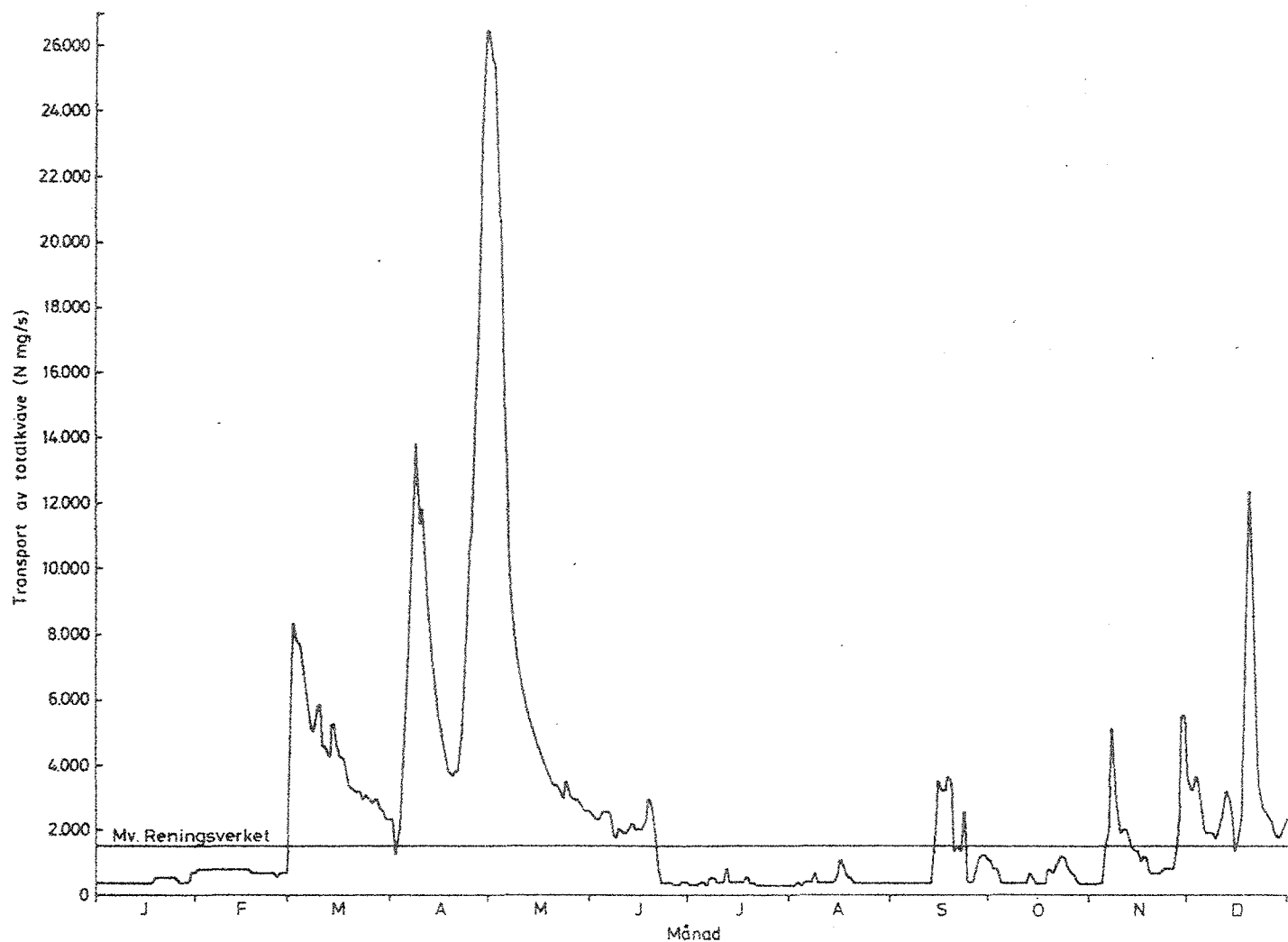


Fig. 13. Årsvariation 1966 i vattenförlring samt i transport av kväve och fosfor i Sagån vid Sala. Medeltransporten från reningsverket i Sala är inritad i diagrammet

PM

angående Sagån

Docent Curt Forsberg Uppsala diskuterar i en stencilerad skrift "Kan ansvarsfördelningen vid underhåll av vattendrag inom Sagåns vattensystem baseras på fosforfaktorn?" ett av undertecknad upprättat förslag till kostnadsfördelning samt en uppsats betitlad Sagåns vatten. Utlåtandet föranleder följande tillrättalägganden och kommentarer.

Forsberg (p. 4) menar att det är andra faktorer än fosfor eller kväve som primärt begränsar produktionen i Sagån. Han nämner (a) vattenförhållanden, (b) vattendjup och (c) strömningshastighet. Till detta förs även (d) tensidhalten in i bilden.

De fysikaliska förhållandena (a)-(c) i den aktuella delen av Sagån är sådan att de i regel icke utgör hinder för vegetation; om så vore fallet föreläge icke heller något särdeles stort underhållsproblem. Är dessutom dessa faktorer sådana att växtlighet överhuvudtaget är möjlig blir det tillgången på växtnäring som bestämmer hur rik vegetationen blir (cf. Forsberg p. 4). Forsberg lägger särskilt stor vikt vid strömningshastigheten; denna är på intet sätt begränsande eftersom den på grund av liten bottenlutning är låg. Den fjärde faktorn (d) tensiderna kan vad det gäller de högre växterna hänföras till gruppen inhibitorer (hämmare), som lika litet som (a)-(c) är en produktionsfaktor och som endast kan minska växtligheten och därmed underhållet. Som mätare på föroreningsgrad och potentiella möjligheter till växtlighet är faktorerna (a)-(d) föga lämpade.

Bland de egentliga produktionsfaktorerna i ett vattendrag måste man söka bland makroelementen kväve, fosfor, kalium, kalcium, magnesium och svavel för att karakterisera vattnet och möjligheterna till produktion av växtlighet. Det är då kväve och fosfor kommer in i bilden eftersom de övriga nämnda ämnena vanligtvis finns i tillräcklig mängd. Det samma gäller vad man vet mikroelementen järn, mangan, koppar, zink, bor, natrium, molybden, klor, vanadin och kobolt.

Valet kommer sålunda att stå mellan kväve och fosfor - något annat ämne har inte heller ifrågasatts av Forsberg. Det har härvid i olika sammanhang framhållits att det av dessa ämnen, som förekommer i minimum, borde läggas till grund för kostnadsfördelningen. I och för sig är na-

turligtvis ett sådant förfaringsätt alls icke nödvändigt även om det principiellt är riktigt. Praktiskt sett är det nämligen nödvändigt att hålla sig till ettdera ämnet om man inte i skilda delar av ett vatten-system skall få olika fördelningsgrund beroende på vilket ämne som för tillfället är i minimum. Fosfor är härvid utan tvivel det lämpligaste av de två av flera skäl: (1) fosfor är en fundamental byggsten i cell-kärnan; (2) saknas fosfor kan liv icke förekomma (Ohne Phosphor kein Leben); (3) finns fosfor kan även kväve från luft-havet tillgodogöras; (4) kväve är ett "ogripbart" ämne genom att ett okontrollerat utbyte med atmosfären äger rum; (5) fosfors grundläggande roll i vatten-vårds-sammanhang är väl dokumenterad.

Forsberg (p. 3) håller för troligt "att man (i Sagån) befinner sig ovanför den nivå där kväve och fosfor begränsar växtligheten" och att därför diskussionen om förhållande N:P är av föga värde för den primära frågeställningen. Som intäkt för sin uppfattning gör Forsberg jämförelser med växtligheten i Tyrissån där, om man håller sig till fosfor, halten motsvarar 70 $\mu\text{g/l}$ mot 200 $\mu\text{g/l}$ i Sagån och menar att redan det basvärde på 90 $\mu\text{g/l}$ som använts för skogs- och åkermark inom Sagåns nederbördsområde vore tillräckligt "för att åstadkomma en mycket kraftig igen-växning i Sagån där förhållandena är sådana att växtlighet är möjlig". Halten på 200 P $\mu\text{g/l}$ och 2000 N $\mu\text{g/l}$ kan emellertid inte betraktas som särskilt höga. Vid odling i jordlösa kulturer användes växt-näringslösningar med halterna N 100 000 $\mu\text{g/l}$ och P 25 000 $\mu\text{g/l}$. Det finns därför knappast anledning anta att något överskott sett ur produktionssynpunkt skulle föreligga i Sagåns vatten. Dessutom är det angeläget att poäng-tera att växt-närings-transporten till sediment och undergrund, där väx-terna har sina rötter och där de hämtar näring, är direkt beroende av halterna i vattnet. Växt-näringshalten är och förblir viktig för vege-tationen också i Sagån, även om Forsberg genom meningen (p. 4) "Man sko-nar därmed än i viss utsträckning, men framför allt kan man bidra till att avlasta Mölaren" intar en motsatt ståndpunkt.

Det kan tilläggas att basvärdet, 90 P $\mu\text{g/l}$, är framräknat för hela Sagåns nederbördsområde. För den aktuella sträckan är ingångsvärdet vid Sala 75 $\mu\text{g/l}$ (medelvärde för provplatserna A2 och B3). Detta värde re-presenterar inte endast skog och åker utan även en mer eller mindre spridd bebyggelse om ca 2700 personer.

Till diskussionen om kväve eller fosfor som begränsande faktor (mi-nimiämne) kan följande tilläggas. I uppsatsen Sagåns vatten (Brink 1968) anföres att för vattenväxter vanligen gäller $N:P > 8$. Det finns nu an-ledning att revidera detta till $N:P > 4$. För en ifråga om näringsstatus

med Sagån jämförbar å, Lillån i Uppsala, kan nämligen följande värden på N:P framräknas (Stake 1967, 1968):

Datum ...	17.6.64	17.7.64	27.8.64	19.10.64
<u>Sparganium ramosum</u>	5,5	4,5	4,6	8,8
<u>Sparganium simplex</u>	8,0	5,1	5,9	6,7
<u>Potamogeton natans</u>	10,5	8,5	8,6	7,4
<u>Equisetum fluviatile</u>	5,6	5,2	4,6	7,5
<u>Butomus umbellatus</u>	4,5	4,1	4,2	4,8
<u>Phragmites communis</u>	-	10,2	10,8	14,8

Under vegetationsperioden är det således vanligt med $N:P > 5$. Slutsatsen för Sagåns del måste därför bli att fosfor med stor sannolikhet var begränsande på det aktuella avsnittet av ån ($N:P = 6$) och att kvävet endast i undantagsfall med säkerhet kunde vara minimifaktor.

Forts. från omslagets andra sida

Nr	År	Författare och titel
41	1969	Nils Brink. Kväve och fosfor i Sävjaån
42	1969	Nils Brink. Sagåns vatten